

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-075026

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G02B 26/02  
G02B 6/26

(21)Application number : 11-252866

(71)Applicant : SEIKOH GIKEN CO LTD

(22)Date of filing : 07.09.1999

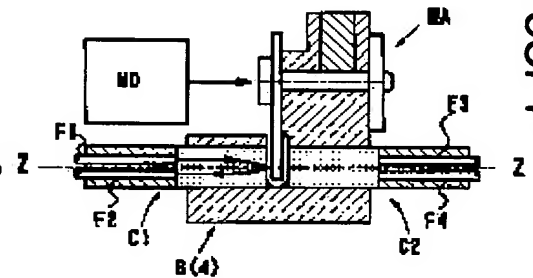
(72)Inventor : TAKAHASHI MITSUO

## (54) REFLECTION MIRROR TYPE OPTICAL FIBER SWITCH

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reflection mirror type optical fiber switch which has the stabilized repeating reproducibility, is not affected by vibration, impact or the like and by which malfunction due to magnetic induction from outside is prevented and that is small-sized.

SOLUTION: A pair of optical fibers F1 and F2 are arranged so as to be symmetric over the optical axis of a lens in the first collimating lens assembly C1 of a reflection mirror type 2 × 2 optical fiber switch, and also the pair of optical fibers F3 and F4 are arranged so as to be symmetric over the optical axis of the lens in a second collimating lens assembly C2. The first and second collimating lens assembly are made opposed and are supported by aligning the optical axis by an alignment block B. A reflection mirror assembly MA is composed of a reflection mirror provided so as to be movable between a first position at which light from each optical fiber is reflected so as to be orthogonal with the optical axis of the lens to the focal surface of the lens and a second position through which it is transmitted and a guiding means to regulate the squareness of the first position of the reflection mirror by having the alignment block as a reference. The reflection mirror means MA is driven by a driving means MO.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

 CLAIMS
 

---

[Claim(s)]

[Claim 1] the optical-axis symmetry of a lens -- the optical fiber F1 of a pair, and F2 1st arranged collimator lens assembly C1 the optical-axis symmetry of a lens -- the optical fiber F3 of a pair, and F4 2nd arranged collimator lens assembly C2 Make said 1st and 2nd collimator lens assembly counter, an optical axis is made in agreement, and it is said optical fiber F1. Said optical fiber F4 and said optical fiber F2 The alignment block B supported so that said optical fiber F3 may make optical connection The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said alignment block in parallel with the optical axis of said lens pivotable, The 1st location which it is prepared [ location ] in said reflective mirror shaft, and makes the optical axis of said lens reflect the light from said each optical fiber in a right angle to the focal plane of said lens, The reflective mirror assembly which consists of a reflective mirror in which between the 2nd location made to penetrate is established movable, and a guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block, And the reflective mirror form optical fiber switch constituted from a driving means which drives said reflective mirror means.

[Claim 2] Said 1st and 2nd collimator lens assembly is the optical fiber of a pair, the ferrule which supports said optical fiber, and a reflective mirror form optical fiber switch according to claim 1 which is the rod lens of abbreviation 0.25 pitch connected with said optical fiber at a ferrule edge, respectively.

[Claim 3] Said driving means is a reflective mirror form optical fiber switch according to claim 1 characterized by using the micro motor which prepared the engagement section with said reflective mirror assembly in the revolving-shaft edge.

[Claim 4] The quality of the material of a reflective mirror is a reflective mirror form optical fiber switch according to claim 1 characterized by using the reflective mirror to which are metal, such as stainless steel, carried out with a hardness [ MHv ] of 1800 or more Ti-N coat processing to both sides of said metal, and high reflection factor coats, such as gold (Au) and platinum (Pt), were made to adhere by sputtering or chemical plating further.

[Claim 5] The reflective mirror form optical fiber switch according to claim 1 characterized by having laid under the alignment block the permanent magnet which approaches or touches the revolving shaft of a reflective mirror, and establishing the self-hold device in the angle-of-rotation edge of a reflective mirror.

[Claim 6] the spacing d fixed to the optical-axis symmetry of a lens in parallel -- maintaining -- the optical fiber F1 of a pair, and F2 1st arranged collimator lens assembly C1 the optical axis of a lens -- parallel -- said optical axis to spacing  $d/2$  -- maintaining -- one optical fiber F4 2nd arranged collimator lens assembly C2 Make said 1st and 2nd collimator lens assembly counter, an optical axis is made in agreement, and it is said optical fiber F1. Said optical fiber F4 The alignment block B supported so that optical connection may be made The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said alignment block in parallel with the optical axis of said lens pivotable, The 1st location which it is prepared [ location ] in said reflective mirror shaft, and makes the optical axis of said lens reflect the light from said each optical fiber in a right angle to the focal plane of said lens, The reflective mirror assembly which consists of a reflective mirror in which between the 2nd location made to penetrate is established movable, and a guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block, And the reflective mirror form 1x2 optical-fiber switch

constituted from a driving means which drives said reflective mirror means.

[Claim 7] The collimator lens assembly which arranges and constituted the optical fiber of a pair in the optical-axis symmetry of a lens, and the 1st location which inserts a reflective mirror in the focal location of said lens, and makes connection with the optical fiber of another side from one [ said ] optical fiber, In the reflective mirror form optical fiber switch moved to the 2nd location evacuated from a focal location Said collimator lens assembly and the alignment block which supports said reflective mirror, The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said block in parallel with the optical axis of said lens pivotable,

## \* NOTICES.\*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical fiber switch used for an optic fiber communication system etc. Among those, a reflective mirror is made to appear frequently between the collimator lenses with an optical fiber of the pair arranged especially face to face, and it is related with amelioration of the reflective mirror form optical fiber switch for making switch connection of an optical fiber circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] The name of invention: The 2x2 optical-fiber switch shown in the efficient electromechanical optical switch (USP5,742,712) belongs to the reflective mirror form optical fiber switch of such a format. With reference to drawing 10 and drawing 11, the configuration of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch of a format is explained conventionally [ said ]. This switch is using collimator lenses 1 and 2 and the reflective mirror 3. Rod lenses 1 and 2 are developed and put in practical use in Nippon Sheet Glass Co., Ltd., and can use what is marketed as the trade name SELFOC lens (SFL).

[0003] The condition that drawing 11 removed the reflective mirror for the condition that drawing 10 inserted the reflective mirror between the collimator lenses of said switch, from the optical path is shown. This switch is a reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch constituted using collimator lenses 1 and 2 and the reflective mirror 3. Rod lenses 1 and 2 are developed and put in practical use in Nippon Sheet Glass Co., Ltd., and can use what is marketed as the trade name SELFOC lens (SFL). In addition, about the optical property, engineering data, and application of the SELFOC lens, it is officially announced from Nippon Sheet Glass Co., Ltd. The switch of said format is widely used for an optical spectral separation multiplexing machine (WDM), an optical branching coupler (Splitter), various optical fiber switches, etc.

[0004] In drawing 10 and drawing 11, the rod lenses 1 and 2 of criteria length 0.25 pitch are made in agreement in an optical axis, and the small clearance is opened, countered and arranged between each end face. The reflective mirror 3 is repeatedly arranged possible [ receipts and payments ] in the clearance between a rod lens 1 and 2 at a right angle to an optical axis. F1, F2, and F3 And F4 It is the optical fiber attached in the ferrule or sleeve which is not illustrated respectively, and it is assembled so that it may become the position of symmetry which carried out eccentricity only of the same amount from the optical axis of rod lenses 1 and 2.

[0005] Drawing 10 is in the condition that the reflective mirror 3 was inserted between a rod lens 1 and 2. in this case, optical fiber F1 from -- the light of the minute mode field which carried out outgoing radiation serves as an parallel light beam with the mode field expanded by penetrating a rod lens 1, and reaches the reflective mirror 3. It is reflected by the reflective mirror 3, and becomes the light of the mode field reduced by penetrating a rod lens 1, and this parallel light beam is an optical fiber F2. Incidence is carried out.

[0006] the same -- optical fiber F3 from -- the light of the minute mode field which carried out outgoing radiation serves as an parallel light beam with the mode field expanded by penetrating a rod lens 2, and reaches the reflective mirror 3. The light of the mode field reduced by being reflected by the reflective mirror 3 and this parallel light beam penetrating a rod lens 2 is an optical fiber F4. Incidence is carried out.

[0007] Next, drawing 11 shows the condition that the reflective mirror 3 was removed from between a rod lens 1 and 2. In this case, optical fiber assembly F1 The light of the minute mode field which carried out outgoing radiation from the optical fiber serves as an parallel light beam with the mode field expanded by penetrating a rod lens 1. And incidence is carried out to a rod lens 2, and it becomes the light of the mode field reduced by penetrating this, and is the optical fiber assembly F4. Incidence is carried out to an optical fiber. the same -- optical fiber F3 from -- the light of the mode field reduced by the light of the minute mode field which carried out outgoing radiation penetrating a rod lens 2, and becoming an parallel light beam with the mode field expanded after that, and penetrating a rod lens 1 -- optical fiber assembly F2 Incidence is carried out to an optical fiber. Therefore, optical fiber F1 By receipts and payments of the reflective mirror 3, a circuit is an optical fiber F2. Or it is connectable one circuit of the optical fibers F4, and by turns. Similarly, it is an optical fiber F3. A circuit is an optical fiber F2 by receipts and payments of the reflective mirror 3. Or optical fiber F4 It is connectable one of circuits, and by turns.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The problem which should be solved is left behind although the conventional 2x2 optical-fiber switch mentioned above is an easy configuration.

(1) A problem is in repeat repeatability about an insertion-loss value, and it is hard to be influenced of external force, such as vibration and an impact.

(2) It is easy to cause malfunction by magnetic induction in response to the effect of an external magnetic field.

(3) There is a structure-like problem in storing a switch package in specific magnitude (magnitude which miniaturizes in height of 8.5mm or less, and can be applied to the printed circuit board of 1/2inch form).

[0009] The problem of the insertion-loss value pointed out by (1) mentioned above is because the halt location of the reflective mirror 3 is changed. This problem is further explained with reference to drawing 9 . the case where angle-error  $\sigma_{\theta}$  to a flat surface right-angled to optical-axis Z-Z of the reflective mirror 3 arises -- optical fiber assembly F1 from -- a rod lens 1 is penetrated and, as for whenever [ angle-of-reflection / of the parallel light beam reflected by the reflective mirror 3 ], only  $-\sigma_{\theta}$  becomes small. Consequently, optical fiber assembly F2 Outgoing radiation will be carried out to the point by the inside from an optical axis, and the insertion loss by axial center gap will occur. the same -- optical fiber F3 from -- whenever [ angle-of-reflection / of the parallel light beam which penetrated the rod lens 2 and was reflected by the reflective mirror 3 ] --  $+\sigma_{\theta}$  -- large -- becoming -- optical fiber F2 Outgoing radiation is carried out to the point Q which carried out eccentricity outside from the optical axis, and an insertion loss increases.

[0010] According to calculated value, the rod lens of a pitch 0.25 is used with the outer diameter of 2mm, 0.0065mm eccentricity of the two single mode optical fibers is carried out from the optical axis of a rod lens, respectively, and, in the case of 1310nm operating wavelength, the optical insertion loss in optical squareness error  $\sigma_{\theta}=0.024$  degree is set to about 1dB (\*\*-20%). Incidentally, since it is squareness error  $\tan 0.024$  degree\*\*0.00042 and a microscopic small value, about 1dB (\*\*-20%) dispersion will generate the optical insertion loss to which the range of dispersion in the mechanical location at the time of repeat insertion of the reflective mirror 3 exceeds 0.024 degrees. Furthermore, when a reflective mirror is inserted between rod lenses and a reflective mirror moves according to external force, such as vibration and an impact, about 1dB (\*\*-20%) dispersion will generate the same optical insertion loss.

[0011] In USP5,742,712 mentioned above, the configuration which attaches a reflective mirror at the tip of the swinging arm attached in the movable piece of a seesaw form electrical-and-electric-equipment relay as a drive of a reflective mirror is adopted. And by polar switch of the current to said seesaw form electrical-and-electric-equipment relay, the reflective mirror side at the tip of said swinging arm with a reflective mirror is taken in and out of a rod-lens side, and the switch switch is performed. The structure which attached the reflective mirror at the tip of the swinging arm attached in the movable piece held by the minute magnetism of this seesaw form electrical-and-electric-equipment relay receives constraint in small lightweight-ization. Moreover, rigging is conjectured that it is not easy and to be very difficult.

[0012] (1) It is presumed that the repeatability of repeat positioning with the exact reflective mirror stated by the term gets very bad. To coincidence, it can be guessed also to external

force, such as vibration and an impact, that it is excessive and unstable.

(2) the technical problem of a term -- the case of the reflective mirror form optical fiber switch of the example of a patent -- electromagnetism small as a driving source of a reflective mirror -- although the electric relay by the solenoid and the permanent magnet is used, when influenced of a strong external magnetic field, possibility of a movable piece moving and carrying out incorrect actuation is reported.

(3) the technical problem of a term -- electromagnetism -- for obtaining the driving force of business with the electric relay by the solenoid and the permanent magnet, a limitation is in the miniaturization of the volume. Therefore, it becomes difficult to contain height in a package 8.5mm or less in design. Incidentally it is described that the height dimension of the package of the reflective mirror form optical fiber switch of said example of a patent is 20mm.

[0013] The purpose of this invention is to offer the reflective mirror form optical fiber switch which solved the technical problem of the conventional reflective mirror form optical fiber switch mentioned above. If it says in more detail, be hard to be influenced of external force, such as repeat repeatability which was [ the technical problem of the reflective mirror form optical fiber switch of this invention ] small, and was stabilized and vibration, and an impact. [ of (1) insertion-loss value ]

(2) Be hard to receive malfunction by the magnetic induction from the outside.

(3) The height of a package is that are 8.5mm or less and attachment to the printed circuit board of 1/2inch mold is possible.

That is, this invention is to offer the reflective mirror form optical fiber switch with which are satisfied of the above three conditions.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In order to attain said purpose, the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention the optical-axis symmetry of a lens -- the optical fiber F1 of a pair, and F2 1st arranged collimator lens assembly C1 the optical-axis symmetry of a lens -- the optical fiber F3 of a pair, and F4 2nd arranged collimator lens assembly C2 Make said 1st and 2nd collimator lens assembly counter, an optical axis is made in agreement, and it is said optical fiber F1. Said optical fiber F4 and said optical fiber F2 The alignment block B supported so that said optical fiber F3 may make optical connection The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said alignment block in parallel with the optical axis of said lens pivotable, The 1st location which it is prepared [ location ] in said reflective mirror shaft, and makes the optical axis of said lens reflect the light from said each optical fiber in a right angle to the focal plane of said lens, It consists of driving means which drive the reflective mirror assembly which consists of a reflective mirror in which between the 2nd location made to penetrate is established movable, and a guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block, and said reflective mirror means.

[0015] Said 1st and 2nd collimator lens assembly can be made into the optical fiber of a pair, the ferrule which supports said optical fiber, and the rod lens of abbreviation 0.25 pitch connected with said optical fiber at a ferrule edge, respectively. Said driving means can use the micro motor which prepared the engagement section with said reflective mirror assembly in the revolving-shaft edge. The quality of the materials of said reflective mirror are metal, such as stainless steel, can carry out with a hardness [ MHv ] of 1800 or more Ti-N coat processing to both sides of said metal, and can use the reflective mirror to which high reflection factor coats, such as gold (Au) and platinum (Pt), were made to adhere by sputtering or chemical plating further. The permanent magnet which approaches or touches the revolving shaft of a reflective mirror can be laid under the alignment block, and the self-hold device in the angle-of-rotation edge of a reflective mirror can be established.

[0016] In order to attain said purpose, the 1x2 reflective mirror form optical fiber switch by this invention 1st collimator lens assembly C1 which maintained the spacing d fixed in parallel at the optical-axis symmetry of a lens, and has arranged the optical fiber F1 of a pair, and F2 the optical axis of a lens -- parallel -- said optical axis to spacing  $d/2$  -- maintaining -- one optical fiber F4 2nd arranged collimator lens assembly C2 Make said 1st and 2nd collimator lens assembly counter, an optical axis is made in agreement, and it is said optical fiber F1. Said optical fiber F4 The alignment block B supported so that optical connection may be made The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said alignment block in parallel with the

optical axis of said lens pivotable, The 1st location which it is prepared [ location ] in said reflective mirror shaft, and makes the optical axis of said lens reflect the light from said each optical fiber in a right angle to the focal plane of said lens, It consists of driving means which drive the reflective mirror assembly which consists of a reflective mirror in which between the 2nd location made to penetrate is established movable, and a guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block, and said reflective mirror means.

[0017] In order to attain said purpose, the 1x1 reflective mirror form optical fiber switch by this invention The collimator lens assembly which arranges and constituted the optical fiber of a pair in the optical-axis symmetry of a lens, and the 1st location which inserts a reflective mirror in the focal location of said lens, and makes connection with the optical fiber of another side from one [ said ] optical fiber, In the reflective mirror form optical fiber switch moved to the 2nd location evacuated from a focal location Said collimator lens assembly and the alignment block which supports said reflective mirror, The reflective mirror shaft prepared in the boss prepared in said block in parallel with the optical axis of said lens pivotable, The reflective mirror which is prepared in said reflective mirror shaft and made to haunt the image formation side of said optical fiber at a right angle by the optical axis of said lens, It consists of driving means which drive the reflective mirror assembly which consists of a guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block, and said reflective mirror means. Said guidance means can be used as the reflective mirror or flange which carries out sliding rotation at the flat surface formed in the optical axis of said lens with which said alignment block is equipped at the right angle, and said flat surface.

[0018]

[Embodiment of the Invention] With reference to a drawing etc., the gestalt of implementation of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention is explained first below. In addition, the reflective mirror form optical fiber switch by this invention can be carried out also with the gestalt of 1x2 and 1x1 so that it may mention later. Drawing 1 is the outline top view of the example of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention, and is an optical fiber F1. F2 and F3 F4 The condition of having connected is shown. It sets in said example and drawing 2 is an optical fiber F1. F4 and F2 F3 The condition of having connected is shown. Optical fiber F1 F2 It connects with the 1st collimator lens at the optical-axis symmetry, and is the 1st collimator lens assembly C1. It constitutes. Optical fiber F3 F4 It connects with the 2nd collimator lens at the optical-axis symmetry, and is the 1st collimator lens assembly C2. It constitutes. Such collimator lens assembly C1 and C2 An optical axis is made in agreement with the alignment block B, and it is supported. The reflective mirror assembly MA is formed in the alignment block B rotatable, and is driven by the driving means (motor) MO.

[0019] Drawing 3 is the outline top view of the example of the reflective mirror form 1x1 optical-fiber switch by this invention, and is an optical fiber F1. F2 The condition of having connected is shown. It sets in said example and drawing 4 is an optical fiber F1. F2 The condition of not connecting is shown. Structurally, it is the collimator lens assembly C2 of the above-mentioned operation gestalt. It corresponds to the condition of having removed.

[0020] Hereafter, with reference to a drawing etc., the embodiment of the reflective mirror form optical fiber switch by this invention is explained in more detail. Drawing 5 is the top view having fractured and shown a part of example of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention. Drawing 6 is the side-face sectional view having shown operating state with said example, and drawing 7 is the side-face sectional view having shown other operating state of said example. Drawing 8 is the flat-surface sectional view having shown the condition of having attached the reflective mirror 9 to the alignment block 4.

[0021] The mounting holes 7 and 8 of rod lenses 5 and 6 are formed horizontally (the optical-axis ZZ direction), and the insertion hole 11 of the revolving shaft 10 of the reflective mirror 9 is further formed in the alignment block 4 in parallel at the same axle. The parallel alignment datum level (XY flat surface) 13 and 14 which sticks to the reflective mirror 9 and a flange 12, respectively, and guides them perpendicularly (optical-axis ZZ right-angle side) is established in the insertion hole 11 of the revolving shaft 10 of the reflective mirror 9 at the right angle. The rocking angle-of-rotation regulation side 15 of the reflective mirror 9 is further established in the alignment block 4. Furthermore, the hole 17 for laying the permanent magnet 16 for jogging

prevention of the reflective mirror 9 underground in contact with a revolving shaft 10 is prepared and constituted.

[0022] In the 1st ferrule 18, it is an optical fiber F1 and F2. It has attached in the position of symmetry to the medial axis of a ferrule. Main doubling is made the end side of a rod lens 5, the end face of this ferrule 18 is pasted up with optical adhesives, and it is the 1st collimator lens assembly C1. It manufactures. In the 2nd ferrule 19, it is an optical fiber F3 and F4 similarly. It has attached in the position of symmetry to the medial axis of a ferrule. Main doubling is made the end side of a rod lens 6, the end face of this ferrule 19 is pasted up with optical adhesives, and it is the collimator lens assembly C2. It manufactures.

[0023] The reflective mirror 9 and a flange 12 are fixed to a revolving shaft 10 with laser spot welding or a metal pewter. A motor 20 is a DC micro motor with an outer diameter of 7mm, and power is supplied through a feeder 25. The bush 22 furnished with the eccentric pin 21 is combined with the revolving shaft 23 of a motor 20. The eccentric pin 21 is made to engage with the notching slot 24 established in the reflective mirror 9. In consideration of improvement in the endurance of the reflective mirror 9, and a reflection factor, the quality of the material was made into metal, such as stainless steel, carried out with a hardness [ MHv ] of 1800 or more Ti-N coat processing to both sides, and ground it to the mirror plane of about 5nm of surface roughness. And the thing to which high reflection factor coats, such as gold (Au) and platinum (Pt), were made to adhere by sputtering or chemical plating was used for this polished surface.

[0024] Drawing 8 is the prefabricated-frame-structure Fig. which attached beforehand the reflective mirror 9 of the reflective mirror form optical fiber switch of this invention shown in drawing 5 - drawing 7 to the alignment block 4. As mentioned above, it depends especially for the insertion optical loss of a reflective mirror form optical fiber switch on the right-angle precision of the 9th page of the reflective mirror to the rod-lens optical axis ZZ when inserting the reflective mirror 9 between the 5 or 6th page of rod lenses greatly. Solution of this problem is the important purpose of this invention. As the reflective mirror form optical fiber switch of this invention is shown in drawing 8 as a maintenance device in which an optical axis ZZ is made to carry out rocking rotation of the reflective mirror 9 at a right angle, for this solution, the parallel alignment datum level 13 and 14 of the 2nd page is established in the alignment block 4 at the optical-axis right angle (XY).

[0025] Since the alignment block 4 is manufactured by precision machining, the right-angle precision error and parallel precision error of the alignment datum level 13 and 14 over mounting holes 7 and 8 are controllable within 0.001mm per 5mm each length. When converting this value into the include angle, it was  $\tan 0.011^\circ$ , the calculated value of the insertion optical loss in this case is the same conditions as what was mentioned above, and was set to about 0.053dB or less, and even if it included other cumulative errors, manufacture of the reflective mirror form optical fiber switch for single mode optical fibers of the 1.0dB of the maximum insertion optical losses was attained.

[0026] Since it is necessary to secure strictly the repeat repeatability of the right-angle precision of the 9th page of the reflective mirror to the optical axis ZZ of the rod lenses 5 and 6 when inserting the reflective mirror 9 between a rod lens 5 and 6 end faces, reflective mirror assembly is attached and assembled in the following procedure to the alignment block 4.

1) It has inserted in the hole 11 prepared in the insertion hole of the reflective mirror 9 from the alignment datum-plane 13 side through the revolving shaft 10 at the alignment block. And a location is decided that the end of the reflective mirror 9 comes to the location of the rod-lens mounting holes 7 and 8, and the reflective mirror 9 is made to unite with a revolving shaft 10 with laser spot welding or a metal pewter, pushing so that the reflective mirror 9 may be stuck to the alignment datum level 13.

2) Next, insert a flange 12 in a revolving shaft 10, and make it unite with a revolving shaft 10 with laser spot welding or a metal pewter, where the reflective mirror 9 is stuck to the alignment datum plane 13, pushing so that a flange 12 may be stuck to the alignment datum plane 14 of the opposite side. After assembling reflective mirror assembly and the alignment block 4 to one beforehand in the above procedure, they are the collimator lens assembly C1 and C2. It inserts in mounting holes 7 and 8, respectively, and assembles.

[0027] Next, the drive of said example is explained further. As mentioned above, the bush 22 furnished with the eccentric pin 21 is combined with the revolving shaft 23 of a motor 20, and

mirror assembly is operated by rotation of this motor 20. In this example, the DC micro motor 20 with an outer diameter of 7mm or less which is a closed circuit magnetically is adopted as this motor 20. Thus, by making a motor 20 into the driving source of the reflective mirror 9, it has considered as the configuration which cannot receive easily malfunction by the magnetic induction from the outside which became a problem with conventional equipment. Since this motor 20 is small as mentioned above, it can miniaturize the height of the whole assembly in 8.5mm or less. Therefore, the switch by this example is attached to the printed circuit board of 1/2inch form, and can be used as a reflective mirror form optical fiber switch of business.

[0028] Next, the brake mechanism of the mirror assembly of said example is explained. Although mirror assembly receives the damping force by the commutator of the DC micro motor 20, and the frictional force between brushes, it forms a permanent magnet 16 in the revolving shaft 10 of mirror assembly further at a right angle, and, thereby, makes a suction force act on the revolving shaft 10 of the reflective mirror 9 in this example. It energized especially on said motor 20, after carrying out fixed include-angle actuation, it acted on said shaft, and generating of unnecessary bound etc. is prevented. That is, the attraction of a permanent magnet has realized the latching form (self-hold form) reflective mirror form optical fiber switch which does not always require energization. In addition, although illustration was omitted, the same effectiveness is acquired also by attracting a flange and giving damping force by this brake mechanism's laying a permanent magnet under the perimeter of the revolving shaft 10 of the reflective mirror 9 at axial parallel, and using the flange 12 made from a magnetic material.

[0029] The operating state of one example of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention which carried out the assembly configuration as mentioned above is explained below. alpha\*\* rotation of a micro motor 20 is done rightward, the eccentric pin 21 contacts and stands it still to the rocking angle-of-rotation regulation side 15, and drawing 6 shows the condition that the reflective mirror 9 was inserted between the 5 or 6th page of each rod lens. in this case, optical fiber F1 And F3 from -- outgoing radiation light -- the reflective mirror 9 -- reflecting -- each optical fiber F2 And F4 Incidence can be carried out.

[0030] A micro motor 20 is carried out leftward alpha\*\* inverse rotation, the eccentric pin 20 carries out contact quiescence in the rocking angle-of-rotation regulation side 15, and drawing 7 shows the condition that the reflective mirror 9 was removed from between the 5 or 6th page of each rod lens. in this case, optical fiber F1 And F3 from -- since, as for outgoing radiation light, the reflective mirror 9 is removed from between a rod lens 5 and 6 -- each optical fibers F4 and F2 Transparency incidence is carried out. Therefore, it is an optical fiber F1 by inserting or removing the reflective mirror 9 between a rod lens 5 and 6. It is an optical fiber F1 about a circuit. Or F4 Optical switch actuation switched to a circuit by turns can be performed. Similarly, it is an optical fiber F3. It is an optical fiber F3 about a circuit. Or F2 Optical switch actuation of 2x2 circuits switched to a circuit by turns can be performed.

[0031] Here, it is an optical fiber F3. When not using it, as shown in drawing 3, a reflective mirror form 1x2 optical-fiber switch can be constituted. 1st collimator lens assembly C1 The spacing d fixed in parallel is maintained at the optical-axis symmetry of a lens, and it is the optical fiber F1 of a pair, and F2. It arranges. 2nd collimator lens assembly C2 Spacing d / 2 are kept parallel to the optical axis of a lens from said optical axis, and it is one optical fiber F4. It arranges. Make said 1st and 2nd collimator lens assembly counter, an optical axis is made in agreement, and the alignment block B is said optical fiber F1. Said optical fiber F4 It supports so that optical connection may be made.

[0032] The reflective mirror shaft prepared in the boss by which the reflective mirror assembly MA was formed in said alignment block B in parallel with the optical axis of said lens pivotable, The reflective mirror in which between the 1st location which it is prepared [ location ] in said reflective mirror shaft, and makes the optical axis of said lens reflect the light from said each optical fiber in a right angle to the focal plane of said lens, and the 2nd location made to penetrate is established movable, It consists of guidance means to specify the squareness of said 1st location of a reflective mirror on the basis of said alignment block. Said reflective mirror assembly MA is driven by the driving means.

[0033] in this case, optical fiber F1 from -- the time of the reflective mirror 9 being inserted between a rod lens 5 and 6, as for outgoing radiation light -- optical fiber F2 the time of incidence being carried out and the reflective mirror 9 being removed from between a rod lens 5 and 6 -- optical fiber F4 Incidence is carried out. Therefore, it is an optical fiber F1 by inserting

or removing the reflective mirror 9 between a rod lens 5 and 6. It is an optical fiber F2 about a circuit. Or F4 Optical switch actuation of 1x2 circuits switched to a circuit by turns can be performed.

[0034] Moreover, collimator lens assembly C2 mentioned above As shown in the configuration which is not used, then drawing 4 , it is an optical fiber F1. It is an optical fiber F2 about a circuit. The optical switch of 1x1 circuit which \*\*\*\* can be constituted. Collimator lens assembly C1 It is the optical fiber F1 of a pair, and F2 to the optical-axis symmetry of a lens. It is arranged and constituted. A reflective mirror is inserted in the focal location of said lens, and it is made to move to the 1st location which makes connection with the optical fiber of another side from one [ said ] optical fiber, and the 2nd location evacuated from a focal location. The alignment block B is said collimator lens assembly C1. Said reflective mirror assembly MA is supported. The guidance means formed in the boss prepared in said block B in parallel with the optical axis of said lens pivotable is formed in said reflective mirror shaft and said reflective mirror shaft, and the squareness of said 1st location of a reflective mirror is specified on the basis of the reflective mirror made to haunt the image formation side of said optical fiber at the optical axis of said lens by the right angle, and said alignment block.

[0035]

[Effect of the Invention] Since the maintenance device of the reflective mirror of the reflective mirror form optical fiber switch of this invention is constituted as mentioned above, its insertion-loss value is small, and its stable thing repeatedly been hard to be influenced of external force, such as repeatability and vibration, and an impact, is clear. Furthermore, by adoption of the DC micro motor 20 with an outer diameter of 7mm or less which is a closed circuit magnetically, since the height of a package was miniaturized in 8.5mm or less while making it the driving source of the reflective mirror 9 which cannot receive malfunction by the magnetic induction from the outside easily, it attached to the printed circuit board of 1/2inch form, and manufacture of the reflective mirror form optical fiber switch of business was attained. Furthermore, the suction force of the permanent magnet 16 which acts on the commutator of the DC micro motor 20, the frictional force between brushes, and the revolving shaft 10 of the reflective mirror 9 has constituted the latching form (self-hold form) reflective mirror form optical fiber switch which does not always require energization.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline top view of the example of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention, and is an optical fiber F1. F2 and F3 F4 The condition of having connected is shown.

[Drawing 2] It sets in said example and is an optical fiber F1. F4 and F2 F3 The condition of having connected is shown.

[Drawing 3] It is the outline top view of the example of the reflective mirror form 1x1 optical-fiber switch by this invention, and is an optical fiber F1. F2 The condition of having connected is shown.

[Drawing 4] It sets in said example and is an optical fiber F1. F2 The condition of having cut is shown.

[Drawing 5] It is the flat-surface sectional view of the example of the reflective mirror form 2x2 optical-fiber switch by this invention, and is an optical fiber F1. F2 and F3 F4 The condition of having connected is shown.

[Drawing 6] It is an optical fiber F1 at that of said example. F2 and F3 F4 It is the side-face sectional view shown according to the connected operating state.

[Drawing 7] It is an optical fiber F1 at that of said example. F4 and F2 F3 It is the side-face sectional view shown according to the connected operating state.

[Drawing 8] It is the flat-surface cross section which shows the condition of having attached reflective mirror assembly to the alignment block used in said example, and said block.

[Drawing 9] It is the schematic drawing for explaining the effect of the inclination of the reflected light mirror of reflective mirror form assembly.

[Drawing 10] It is the schematic diagram of the conventional reflective mirror form optical fiber switch.

[Drawing 11] It is the schematic diagram showing other operating state of said conventional reflective mirror form optical fiber switch.

### [Description of Notations]

F1, F2, F3, F4 Optical fiber

C1, C2 Collimator lens assembly

B Alignment block

MA Reflective mirror assembly

MO Driving means (motor)

1 Two Rod lens of 0.25 pitches

3 Reflective Mirror

4 Alignment Block

5 Six Rod lens

7 Eight Mounting hole

9 Reflective Mirror

10 Revolving Shaft

11 Insertion Hole

12 Flange

13 14 Parallel alignment datum level (XY flat surface)

15 Rocking Angle-of-Rotation Regulation Side

16 Permanent Magnet

17 Hole  
18 19 Ferrule  
20 DC Micro Motor  
21 Eccentric Pin  
22 Bush  
23 Revolving Shaft  
24 Notching Slot  
25 Feeder

---

[Translation done.]

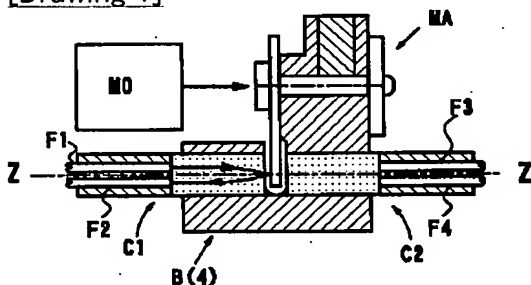
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

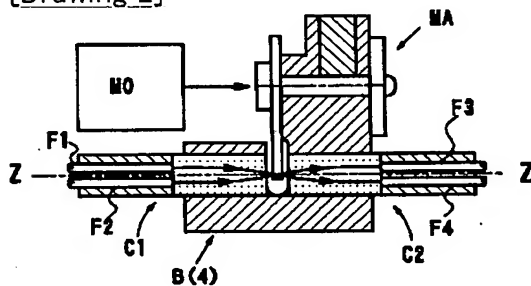
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

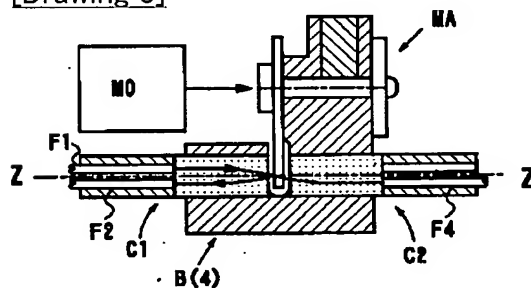
[Drawing 1]



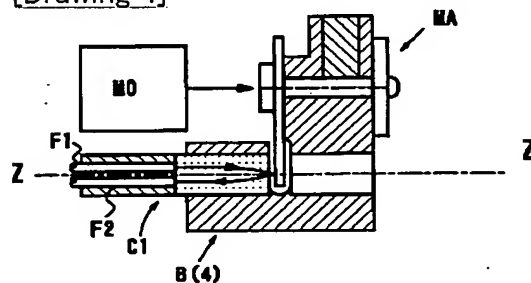
[Drawing 2]



[Drawing 3]

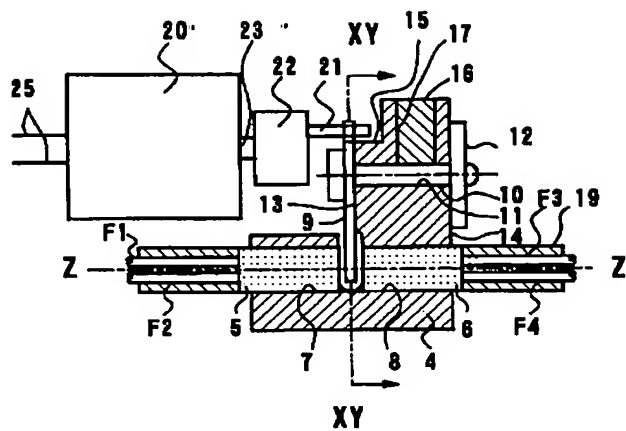


[Drawing 4]

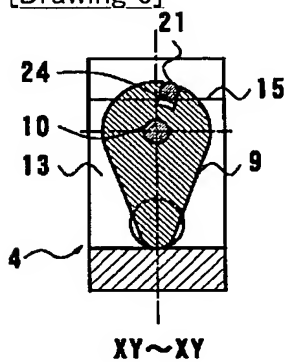


[Drawing 5]

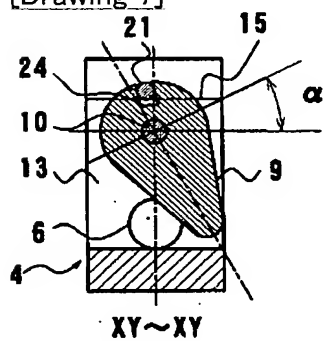




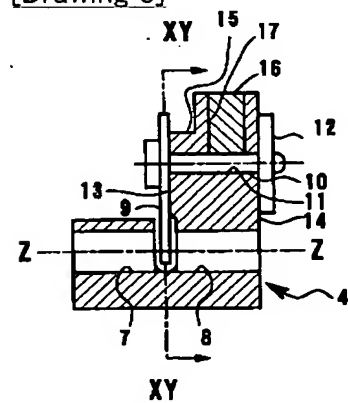
[Drawing 6]



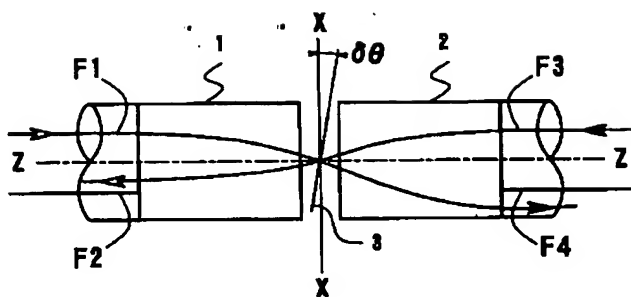
[Drawing 7]



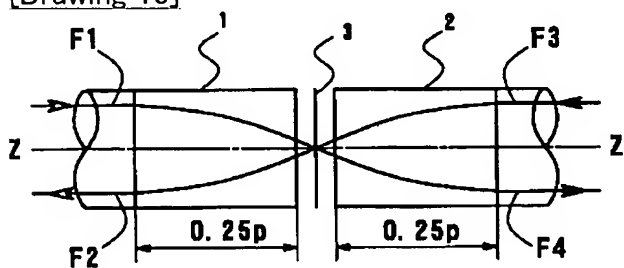
[Drawing 8]



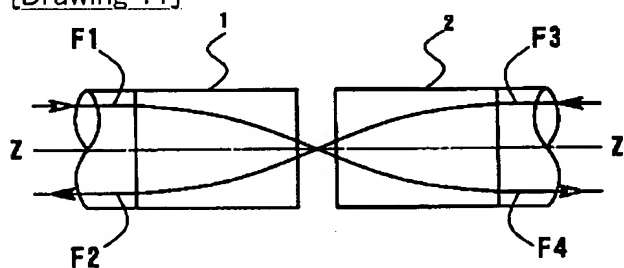
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-75026  
(P2001-75026A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/02  
6/26

識別記号

F I

G 0 2 B 26/02  
6/26

デマコト\* (参考)

E 2 H 0 3 7  
2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平11-252866

(22) 出願日

平成11年9月7日 (1999.9.7)

(71) 出願人 000147350

株式会社精工技研

千葉県松戸市松飛台286番地の23

(72) 発明者 高橋 光雄

千葉県松戸市松飛台286番地の23 株式会  
社精工技研内

(74) 代理人 100075144

弁理士 井ノ口 壽

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA32 CA16 DA04 DA05  
DA06 DA15

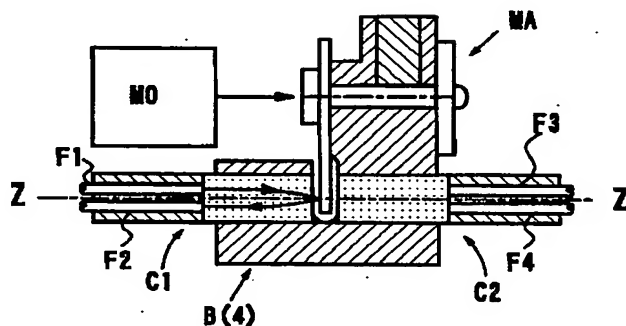
2H041 AA04 AA06 AB13 AC01 AZ02  
AZ03

(54) 【発明の名称】 反射ミラー形光ファイバスイッチ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 安定した繰り返し再現性を有し、振動、衝撃などの影響や、外部からの磁気誘導による誤動作を受けない小型の反射ミラー形光ファイバスイッチを提供する。

【解決手段】 反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>は、レンズの光軸対称に一对の光ファイバF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>を配置し、第2のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>もレンズの光軸対称に一对の光ファイバF<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>を配置する。整列ブロックBにより、第1及び第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させて支持する。反射ミラー組立MAは、レンズの焦点面にレンズの光軸に直角に各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する案内手段とから構成されている。駆動手段MOは、反射ミラー手段MAを駆動する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レンズの光軸対称に一对の光ファイバ  $F_1$ ,  $F_2$  を配置した第 1 のコリメータレンズ組立  $C_1$  と、レンズの光軸対称に一对の光ファイバ  $F_3$ ,  $F_4$  を配置した第 2 のコリメータレンズ組立  $C_2$  と、前記第 1 および第 2 のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ前記光ファイバ  $F_1$  と前記光ファイバ  $F_4$ 、前記光ファイバ  $F_2$  と前記光ファイバ  $F_3$  が光学接続するように支持する整列ブロック B と、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第 1 の位置と、透過させる第 2 の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第 1 の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項 2】 前記第 1 および第 2 のコリメータレンズ組立はそれぞれ、一对の光ファイバと、前記光ファイバを支持するフェルルールと、前記光ファイバとフェルルール端に接続される略 0.25 ピッチのロッドレンズである請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項 3】 前記駆動手段は回転軸端に前記反射ミラー組立との係合部を設けたマイクロモータを使用したことを特徴とする請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項 4】 反射ミラーの材質はステンレス鋼などの金属製であり、前記金属の両面に硬さ MHv1800 以上の Ti-N 被膜処理を行い、さらに金 (Au)、プラチナ (Pt) などの高反射率被膜をスパッタリングまたは化学メッキなどにより付着させた反射ミラーを使用したことを特徴とする請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項 5】 反射ミラーの回転軸に近接または接する永久磁石を整列ブロックに埋設して反射ミラーの回転角度端における自己保持機構を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項 6】 レンズの光軸対称に平行に一定の間隔  $d$  を保って、一对の光ファイバ  $F_1$ ,  $F_2$  を配置した第 1 のコリメータレンズ組立  $C_1$  と、レンズの光軸に平行に前記光軸から間隔  $d/2$  を保って一本の光ファイバ  $F_4$  を配置した第 2 のコリメータレンズ組立  $C_2$  と、前記第 1 および第 2 のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバ  $F_1$  と前記光ファイバ  $F_4$  が光学接続するように支持する整列ブロック B と、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第 1 の

位置と、透過させる第 2 の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第 1 の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形  $1 \times 2$  光ファイバスイッチ。

【請求項 7】 レンズの光軸対称に一对の光ファイバを配置して構成したコリメータレンズ組立、前記レンズの焦点位置に反射ミラーを挿入して前記一方の光ファイバから他方の光ファイバへの接続を行う第 1 の位置と、焦点位置から退避する第 2 の位置に移動させる反射ミラー形光ファイバスイッチにおいて、前記コリメータレンズ組立と前記反射ミラーを支持する整列ブロックと、前記ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ、前記光ファイバの結像面に前記レンズの光軸に直角に出没させられる反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第 1 の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形  $1 \times 1$  光ファイバスイッチ。

【請求項 8】 前記案内手段は、前記整列ブロックに装着される前記レンズの光軸に直角に形成された平面と、前記平面に摺動回転する反射ミラーまたはフランジである請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ通信システム等に使用される光ファイバスイッチに関する。そのうち特に、対向して配置された一对の光ファイバ付きコリメータレンズ間に反射ミラーを出没させて、光ファイバ回路の切り換え接続をするための反射ミラー形光ファイバスイッチの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 発明の名称：効率的な電気機械的光学スイッチ (USP 5, 742, 712) に示されている  $2 \times 2$  光ファイバスイッチは、このような形式の反射ミラー形光ファイバスイッチに属するものである。図 10、図 11 を参照して前記従来形式の反射ミラー形  $2 \times 2$  光ファイバスイッチの構成を説明する。このスイッチはコリメータレンズ 1, 2 と反射ミラー 3 を使用している。ロッドレンズ 1, 2 は、日本板硝子株式会社で開発、実用化され、商品名セルフオックレンズ (SELF) として市販されているものを利用することができる。

【0003】 図 10 は、前記スイッチのコリメータレンズ間に反射ミラーを挿入した状態を、図 11 は反射ミラーを光路から外した状態を示している。このスイッチはコリメータレンズ 1, 2 と反射ミラー 3 を使用して構成した反射ミラー形  $2 \times 2$  光ファイバスイッチである。ロッドレンズ 1, 2 は、日本板硝子株式会社で開発、実用

化され、商品名セルフオックレンズ (SFL) として市販されているものを利用することができる。なお、セルフオックレンズの光学特性、技術資料および応用例については日本板硝子株式会社から公表されている。前記形式のスイッチは、光分波合波器 (WDM)、光分岐結合器 (Splitter)、各種光ファイバスイッチなどに広く使用されている。

【0004】図10、図11において、基準長0.25ピッチのロッドレンズ1、2は光軸を一致させられて、各端面間に小さな隙間をあけて対向して配置させられている。反射ミラー3はロッドレンズ1、2間の隙間に光軸に対して繰り返し出し入れ可能に直角に配置される。 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  および  $F_4$  は、各々図示しないフェルールまたはスリーブに取り付けられた光ファイバであり、ロッドレンズ1、2の光軸から同一量だけ偏心した対称位置になるように組み立てられている。

【0005】図10は、反射ミラー3がロッドレンズ1、2間に挿入された状態である。この場合、光ファイバ $F_1$ から出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ1を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなって反射ミラー3に到達する。この平行光ビームは反射ミラー3によって反射されて、ロッドレンズ1を透過して縮小されたモードフィールドの光となり、光ファイバ $F_2$ に入射させられる。

【0006】同様に、光ファイバ $F_3$ から出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ2を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなって反射ミラー3に到達する。この平行光ビームは反射ミラー3によって反射されてロッドレンズ2を透過して縮小されたモードフィールドの光は、光ファイバ $F_4$ に入射させられる。

【0007】次に図11は、反射ミラー3がロッドレンズ1、2間から除去された状態を示している。この場合、光ファイバ組立 $F_1$ の光ファイバから出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ1を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなる。そしてロッドレンズ2に入射してこれを透過して縮小されたモードフィールドの光となり、光ファイバ組立 $F_4$ の光ファイバに入射させられる。同様に、光ファイバ $F_3$ から出射した微小なモードフィールドの光はロッドレンズ2を透過して、その後拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなってロッドレンズ1を透過して縮小されたモードフィールドの光は、光ファイバ組立 $F_2$ の光ファイバに入射させられる。したがって、光ファイバ $F_1$ の回路は反射ミラー3の出し入れによって、光ファイバ $F_2$ または光ファイバ $F_4$ のいずれかの回路と交互に接続できる。同様に、光ファイバ $F_3$ 回路は、反射ミラー3の出し入れによって光ファイバ $F_2$ または光ファイバ $F_4$ のいずれかの回路と交互に接続できる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述した従来の $2 \times 2$ 光ファイバスイッチは簡単な構成であるが、解決すべき問題が残されている。

(1) 挿入損失値については繰り返し再現性に問題があり、振動、衝撃などの外力の影響を受け難い。

(2) 外部磁界の影響を受け、磁気誘導による誤動作をおこしやすい。

(3) スイッチパッケージを特定の大きさ (高さ8.5mm以下に小形化して、 $1/2$ インチ形の印刷回路基板に適用できる大きさ) 内に収めるのには構造状の問題がある。

【0009】前述した(1)で指摘した挿入損失値の問題は、反射ミラー3の停止位置が変動することによる。この問題をさらに図9を参照して説明する。反射ミラー3の光軸Z-Zに直角な平面に対する角度誤差 $\sigma\theta$ が生じた場合には、光ファイバ組立 $F_1$ からロッドレンズ1を透過して、反射ミラー3で反射された平行光ビームの反射角度は $-2\sigma\theta$ だけ小さくなる。その結果、光ファイバ組立 $F_2$ の光軸から内側によった点に出射されて、軸心ずれによる挿入損失が発生することになる。同様に光ファイバ $F_3$ からロッドレンズ2を透過して、反射ミラー3で反射された平行光ビームの反射角度は $+2\sigma\theta$ だけ大きくなり、光ファイバ $F_4$ の光軸から外側に偏心した点Qに出射されて挿入損失が増加する。

【0010】計算値によれば、外径2mmでピッチ0.25のロッドレンズを使用して、2本のシングルモード光ファイバをロッドレンズの光軸からそれぞれ0.0065mm偏心させ、使用波長1310nmの場合、光直角度誤差 $\sigma\theta=0.024^\circ$ における光挿入損失は、約1dB ( $\approx -20\%$ ) になる。ちなみに、直角度誤差 $\tan 0.024^\circ \approx 0.00042$ と極微小値であるので、反射ミラー3の繰り返し挿入時の機械的位置のばらつきの範囲が、 $0.024^\circ$ を越える光挿入損失は約1dB ( $\approx -20\%$ ) のばらつきが発生することになる。さらに、ロッドレンズ間に反射ミラーを挿入したときに振動、衝撃などの外力によって反射ミラーが移動すると同様な光挿入損失は、約1dB ( $\approx -20\%$ ) のばらつきが発生することになる。

【0011】前述したUSP5,742,712では、反射ミラーの駆動機構として、シーソー形電気リレーの可動片に取り付けた揺動アームの先端に、反射ミラーを取り付ける構成を採用している。そして前記シーソー形電気リレーへの電流の極性切り換えによって前記反射ミラー付き揺動アームの先端の反射ミラー面をロッドレンズ面に出し入れしてスイッチ切り換えを行っている。このシーソー形電気リレーの微小な磁力で保持された可動片に取り付けた揺動アームの先端に反射ミラーを取り付けた構造体は、小形軽量化に制約を受ける。また組立調整が容易ではなくはなはだ困難であると推測される。

【0012】(1)項で述べた反射ミラーの正確な繰り返し位置決め再現性は、極めて悪くなると推定される。同時に、振動、衝撃などの外力に対してもはなはだしく不安定であると推察できる。

(2)項の課題については、特許例の反射ミラー形光ファイバスイッチの場合、反射ミラーの駆動源として小形の電磁ソレノイドと永久磁石による電気リレーが使用されているが、強い外部磁界の影響を受けた場合に、可動片が動いて誤作動をする可能性が報告されている。

(3)項の課題については、電磁ソレノイドと永久磁石による電気リレーによって所用の駆動力を得るには容積の小形化に限界がある。したがって、設計的に高さを8.5mm以下のパッケージに収納することは困難になる。ちなみに前記特許例の反射ミラー形光ファイバスイッチのパッケージの高さ寸法は20mmであると記述されている。

【0013】本発明の目的は、前述した従来の反射ミラー形光ファイバスイッチの課題を解決した反射ミラー形光ファイバスイッチを提供することにある。さらに詳しくいえば、本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチの課題は、

(1)挿入損失値が小さく、安定した繰り返し再現性、および振動、衝撃などの外力の影響を受け難いこと。

(2)外部からの磁気誘導による誤動作を受け難いこと。

(3)パッケージの高さは8.5mm以下であり、1/2インチ型の印刷回路基板に組付け可能なこと。  
すなわち、本発明は、以上の3条件を満足する反射ミラー形光ファイバスイッチを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に一对の光ファイバ $F_1$ 、 $F_2$ を配置した第1のコリメータレンズ組立 $C_1$ と、レンズの光軸対称に一对の光ファイバ $F_3$ 、 $F_4$ を配置した第2のコリメータレンズ組立 $C_2$ と、前記第1および第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ前記光ファイバ $F_1$ と前記光ファイバ $F_4$ 、前記光ファイバ $F_2$ と前記光ファイバ $F_3$ が光学接続するように支持する整列ブロックBと、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成されている。

【0015】前記第1および第2のコリメータレンズ組

立はそれぞれ、一对の光ファイバと、前記光ファイバを支持するフェルルと、前記光ファイバとフェルル端に接続される略0.25ピッチのロッドレンズとすることができる。前記駆動手段は回転軸端に前記反射ミラー組立との係合部を設けたマイクロモータを使用することができる。前記反射ミラーの材質はステンレス鋼などの金属製であり、前記金属の両面に硬さMHv1800以上のTi-N被膜処理を行い、さらに金(Au)、プラチナ(Pt)などの高反射率被膜をスパッタリングまたは化学メッキなどにより付着させた反射ミラーを使用することができる。反射ミラーの回転軸に近接または接する永久磁石を整列ブロックに埋設して反射ミラーの回転角度端における自己保持機構を設けることができる。

【0016】前記目的を達成するために、本発明による1×2反射ミラー形光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に平行に一定の間隔dを保って、一对の光ファイバ $F_1$ 、 $F_2$ を配置した第1のコリメータレンズ組立 $C_1$ と、レンズの光軸に平行に前記光軸から間隔d/2を保って一本の光ファイバ $F_4$ を配置した第2のコリメータレンズ組立 $C_2$ と、前記第1および第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバ $F_1$ と前記光ファイバ $F_4$ が光学接続するように支持する整列ブロックBと、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成されている。

【0017】前記目的を達成するために、本発明による1×1反射ミラー形光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に一对の光ファイバを配置して構成したコリメータレンズ組立、前記レンズの焦点位置に反射ミラーを挿入して前記一方の光ファイバから他方の光ファイバへの接続を行う第1の位置と、焦点位置から退避する第2の位置に移動させる反射ミラー形光ファイバスイッチにおいて、前記コリメータレンズ組立と前記反射ミラーを支持する整列ブロックと、前記ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ、前記光ファイバの結像面に前記レンズの光軸に直角に出没させられる反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する案内手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラー手段を駆動する駆動手段とから構成されている。前記案内手段は、前記整列ブロックに装着される前記レンズの光軸に直角に形成された平面と、前記平面に摺動回転する反射ミラ

一またはフランジとすることができる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下図面等を参照して、まず本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施の形態を説明する。なお本発明による反射ミラー形光ファイバスイッチは後述するように1×2、1×1の形態でも実施できる。図1は、本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であって、光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>とF<sub>4</sub>を接続した状態を示している。図2は、前記実施例において光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>4</sub>、F<sub>2</sub>とF<sub>3</sub>を接続した状態を示している。光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>が第1のコリメータレンズに光軸対称に接続され、第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>を構成している。光ファイバF<sub>3</sub>とF<sub>4</sub>が第2のコリメータレンズに光軸対称に接続され、第2のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を構成している。これらのコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>は整列ブロックBに光軸を一致させて支持されている。反射ミラー組立MAは整列ブロックBに回転可能に設けられており、駆動手段（モータ）MOにより駆動される。

【0019】図3は、本発明による反射ミラー形1×1光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であり、光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>を接続した状態を示している。図4は、前記実施例において光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>を接続しない状態を示している。構造的には前述の実施形態のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を除去した状態に対応するものである。

【0020】以下、図面などを参照して、本発明による反射ミラー形光ファイバスイッチの実施態様をさらに詳しく説明する。図5は本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例を一部破断して示した平面図である。図6は前記実施例のある動作状態を示した側面断面図であり、図7は前記実施例の他の動作状態を示した側面断面図である。図8は整列ブロック4に反射ミラー9を組付けた状態を示した平面断面図である。

【0021】整列ブロック4には、水平方向（光軸ZZ方向）にロッドレンズ5、6の取付孔7、8が同軸に、さらに反射ミラー9の回転軸10の挿入孔11が平行に設けられている。垂直方向（光軸ZZ直角面）に反射ミラー9およびフランジ12にそれぞれ、密着して案内する平行な整列基準面（XY平面）13、14が反射ミラー9の回転軸10の挿入孔11に直角に設けられている。整列ブロック4にはさらに、反射ミラー9の揺動回転角度規制面15が設けられている。さらに、反射ミラー9の微動防止のための永久磁石16を回転軸10に接して埋設するための孔17を設けて構成する。

【0022】第1のフェルール18には光ファイバF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>をフェルールの中心軸に対して対称位置に取付けてある。このフェルール18の端面をロッドレンズ5の一端面に中心合わせをして光学接着剤で接着して、第

1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>を製作する。同様に第2のフェルール19には、光ファイバF<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>をフェルールの中心軸に対して対称位置に取付けてある。このフェルール19の端面をロッドレンズ6の一端面に中心合わせをして光学接着剤で接着して、コリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を製作する。

【0023】反射ミラー9とフランジ12は、回転軸10にレーザスポット溶接または金属ハンダによって固定する。モータ20は外径7mmのDCマイクロモータであり、給電線25を介して電力が供給される。モータ20の回転軸23に偏心ピン21を取付けたブッシュ22が結合されている。偏心ピン21は、反射ミラー9に設けた切欠溝24に係合させられている。反射ミラー9の耐久性、反射率の向上を考慮して材質はステンレス鋼などの金属製とし、両面に硬さMHv1800以上のTi-N被膜処理を行って表面粗さ5nm程度の鏡面に研磨した。そして、この研磨面に金（Au）、プラチナ（Pt）などの高反射率被膜をスパッタリングまたは化学メッキなどにより付着させたものを使用した。

【0024】図8は、図5～図7に示した本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチの反射ミラー9を整列ブロック4にあらかじめ組付けた組立構造図である。前述のように、反射ミラー形光ファイバスイッチの挿入光損失は、特にロッドレンズ5、6面間に反射ミラー9を挿入したときのロッドレンズ光軸ZZに対する反射ミラー9面の直角精度に大きく依存する。この問題の解決が本発明の重要な目的である。この解決のために本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチは、反射ミラー9を光軸ZZに直角に揺動回転させる保持機構として、図8に示すように、整列ブロック4に光軸直角（XY）に平行な2面の整列基準面13、14を設けてある。

【0025】整列ブロック4は精密機械加工により製作するので、取付孔7、8に対する整列基準面13、14の直角精度誤差および平行精度誤差は、各5mm長につき0.001mm以内に規制できる。この値を角度に換算すれば、tan0.011°であり、この場合の挿入光損失の計算値は前述したものと同一条件で、約0.053dB以下になり、その他の累積誤差を含めても最大挿入光損失1.0dBのシングルモード光ファイバ用反射ミラー形光ファイバスイッチの製作が可能になった。

【0026】ロッドレンズ5、6端面間に反射ミラー9を挿入したときのロッドレンズ5、6の光軸ZZに対する反射ミラー9面の直角精度の繰り返し再現性を厳密に確保する必要があるために、反射ミラー組立は整列ブロック4に次の手順で取付けて組み立てる。

1) 回転軸10を反射ミラー9の挿入孔に通して整列基準面13側から整列ブロックに設けた孔11に挿入してある。それから、反射ミラー9の一端がロッドレンズ取付孔7、8の位置にくるように位置を決めて、反射ミラー9を整列基準面13に密着するように押しつけなが

ら、反射ミラー 9 をレーザスポット溶接または金属ハンダによって回転軸 10 と一体化させる。

2) 次に、反射ミラー 9 を整列基準面 13 に密着させた状態で、フランジ 12 を回転軸 10 に挿入し、フランジ 12 を反対側の整列基準面 14 に密着するように押しつけながら、レーザスポット溶接または金属ハンダによって回転軸 10 と一体化させる。以上の手順であらかじめ反射ミラー組立と整列ブロック 4 を一体に組立てた後に、コリメータレンズ組立  $C_1$ 、 $C_2$  をそれぞれ取付孔 7、8 に挿入して組み立てる。

【0027】次に前記実施例の駆動機構についてさらに説明する。前述したように、モータ 20 の回転軸 23 に偏心ピン 21 を取付けたブッシュ 22 が結合されており、このモータ 20 の回転によりミラー組立が動作させられる。このモータ 20 としてこの実施例では、磁気的に閉回路である外径 7 mm 以下の DC マイクロモータ 20 を採用している。このようにモータ 20 を反射ミラー 9 の駆動源にすることにより、従来の装置で問題となった外部からの磁気誘導による誤動作を受け難い構成としてある。このモータ 20 は前述のように小形であるから、全体の組立の高さを 8.5 mm 以下に小形化できる。したがって、この実施例によるスイッチは、1/2 インチ形の印刷回路基板に組付け用の反射ミラー形光ファイバスイッチとして利用できる。

【0028】次に前記実施例のミラー組立の制動機構について説明する。ミラー組立は DC マイクロモータ 20 の整流子とブラシ間の摩擦力による制動力を受けるが、この実施例ではさらにミラー組立の回転軸 10 に直角に永久磁石 16 を設け、これにより、反射ミラー 9 の回転軸 10 に吸引力を作用させる。特に前記モータ 20 に通電して、一定角度動作させた後に前記軸に作用して、不要なバウンド等の発生を防止している。すなわち永久磁石の引力によって、常時通電を要しないラッチング形（自己保持形）反射ミラー形光ファイバスイッチを実現している。なお、図示を省略したが、この制動機構は永久磁石を反射ミラー 9 の回転軸 10 の周囲に軸平行に埋設して、磁性材料製のフランジ 12 を使用することによって、フランジを吸引し制動力を与えることによって同じ効果が得られる。

（自己保持形）反射ミラー形光ファイバスイッチを実現している。なお、図示を省略したが、この制動機構は永久磁石を反射ミラー 9 の回転軸 10 の周囲に軸平行に埋設して、磁性材料製のフランジ 12 を使用することによって、フランジを吸引し制動力を与えることによって同じ効果が得られる。

【0029】以上のように組立構成した本発明による反射ミラー形 2×2 光ファイバスイッチの 1 実施例の作動状態を次に説明する。図 6 は、マイクロモータ 20 を右方向に  $\alpha^\circ$  回転して偏心ピン 21 が、揺動回転角度規制面 15 に接触し静止して、反射ミラー 9 が各ロッドレンズ 5、6 面間に挿入された状態を示す。この場合、光ファイバ  $F_1$  および  $F_3$  からの出射光は反射ミラー 9 によって反射して各々光ファイバ  $F_2$  および  $F_4$  に入射できる。

【0030】図 7 は、マイクロモータ 20 を左方向に  $\alpha^\circ$  逆回転して偏心ピン 20 が揺動回転角度規制面 15 に

接触静止して、反射ミラー 9 が各ロッドレンズ 5、6 面間から除去された状態を示す。この場合光ファイバ  $F_1$  および  $F_3$  からの出射光は、反射ミラー 9 がロッドレンズ 5、6 面間から除去されているので各々光ファイバ  $F_4$  および  $F_2$  に透過入射する。したがって、反射ミラー 9 をロッドレンズ 5、6 間に挿入または除去することによって、光ファイバ  $F_1$  回路を光ファイバ  $F_2$  または  $F_4$  回路に交互に切り換える光スイッチ動作ができる。同様に、光ファイバ  $F_3$  回路を光ファイバ  $F_2$  または  $F_4$  回路に交互に切り換える 2×2 回路の光スイッチ動作ができる。

【0031】ここで、光ファイバ  $F_3$  を使用しない場合は、図 3 に示すように、反射ミラー形 1×2 光ファイバスイッチを構成することができる。第 1 のコリメータレンズ組立  $C_1$  は、レンズの光軸対称に平行に一定の間隔  $d$  を保って、一対の光ファイバ  $F_1$ 、 $F_2$  を配置したものである。第 2 のコリメータレンズ組立  $C_2$  は、レンズの光軸に平行に前記光軸から間隔  $d/2$  を保って一本の光ファイバ  $F_4$  を配置したものである。整列ブロック B は、前記第 1 および第 2 のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバ  $F_1$  と前記光ファイバ  $F_4$  が光学接続するように支持する。

【0032】反射ミラー組立 MA は、前記整列ブロック B に前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第 1 の位置と透過させる第 2 の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第 1 の位置の直角度を規定する案内手段とから構成されている。前記反射ミラー組立 MA は駆動手段により駆動される。

【0033】この場合には、光ファイバ  $F_1$  からの出射光は反射ミラー 9 がロッドレンズ 5、6 間に挿入されているときには光ファイバ  $F_2$  に入射され、反射ミラー 9 がロッドレンズ 5、6 面間から除去されているときには光ファイバ  $F_4$  に入射される。したがって、反射ミラー 9 をロッドレンズ 5、6 間に挿入または除去することによって光ファイバ  $F_1$  回路を光ファイバ  $F_2$  または  $F_4$  回路に交互に切り換える 1×2 回路の光スイッチ動作ができる。

【0034】また前述したコリメータレンズ組立  $C_2$  を使用しない構成とすれば、図 4 に示すように、光ファイバ  $F_1$  回路を光ファイバ  $F_2$  に接続する 1×1 回路の光スイッチを構成することができる。コリメータレンズ組立  $C_1$  は、レンズの光軸対称に一対の光ファイバ  $F_1$ 、 $F_2$  を配置して構成されている。前記レンズの焦点位置に反射ミラーを挿入して、前記一方の光ファイバから他方の光ファイバへの接続を行う第 1 の位置と、焦点位置から退避する第 2 の位置に移動させる。整列ブロック B

は、前記コリメータレンズ組立 $C_1$ と前記反射ミラー組立 $MA$ を支持する。前記ブロック $B$ に前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた案内手手段は、前記反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ、前記光ファイバの結像面に前記レンズの光軸に直角に出没させられる反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する。

【0035】

【発明の効果】本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチの反射ミラーの保持機構は以上のように構成したものであるから、挿入損失値が小さく、安定した繰り返し再現性、および振動、衝撃などの外力の影響を受け難いことは明らかである。さらに、磁気的に閉回路である外径7mm以下のDCマイクロモータ20の採用によって、外部からの磁気誘導による誤動作を受け難い反射ミラー9の駆動源にするとともに、パッケージの高さを8.5mm以下に小形化できるので、1/2インチ形の印刷回路基板に組付け用の反射ミラー形光ファイバスイッチの製作が可能になった。さらに、DCマイクロモータ20の整流子とブラシ間の摩擦力および反射ミラー9の回転軸10に作用する永久磁石16の吸引力によって、常時通電を要しないラッチング形（自己保持形）反射ミラー形光ファイバスイッチを構成できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であって、光ファイバ $F_1$ と $F_2$ 、 $F_3$ と $F_4$ を接続した状態を示している。

【図2】前記実施例において光ファイバ $F_1$ と $F_4$ 、 $F_2$ と $F_3$ を接続した状態を示している。

【図3】本発明による反射ミラー形1×1光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であって、光ファイバ $F_1$ と $F_2$ を接続した状態を示している。

【図4】前記実施例において光ファイバ $F_1$ と $F_2$ を切断した状態を示している。

【図5】本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例の平面断面図であって、光ファイバ $F_1$ と $F_2$ 、 $F_3$ と $F_4$ を接続した状態を示している。

【図6】前記実施例の光ファイバ $F_1$ と $F_2$ 、 $F_3$ と

$F_4$ を接続した動作状態で示した側面断面図である。

【図7】前記実施例の光ファイバ $F_1$ と $F_4$ 、 $F_2$ と $F_3$ を接続した動作状態で示した側面断面図である。

【図8】前記実施例で使用する整列ブロックと前記ブロックに反射ミラー組立を組付けた状態を示す平面断面図である。

【図9】反射ミラー形組立の反射光ミラーの傾きの影響を説明するための略図である。

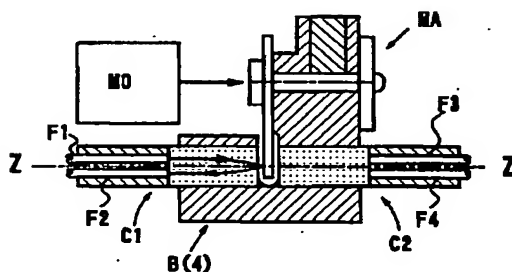
【図10】従来の反射ミラー形光ファイバスイッチの概略図である。

【図11】前記従来の反射ミラー形光ファイバスイッチの他の動作状態を示す概略図である。

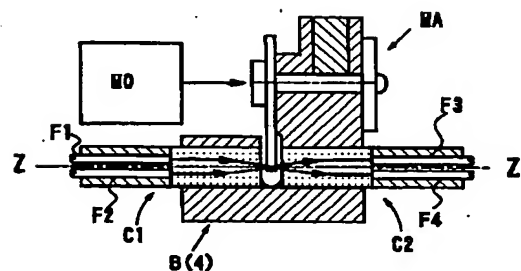
【符号の説明】

- $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  光ファイバ
- $C_1$ ,  $C_2$  コリメータレンズ組立
- $B$  整列ブロック
- $MA$  反射ミラー組立
- $MO$  駆動手段（モータ）
- 1, 2 0.25ピッチのロッドレンズ
- 3 反射ミラー
- 4 整列ブロック
- 5, 6 ロッドレンズ
- 7, 8 取付孔
- 9 反射ミラー
- 10 回転軸
- 11 挿入孔
- 12 フランジ
- 13, 14 平行な整列基準面（XY平面）
- 15 揺動回転角度規制面
- 16 永久磁石
- 17 孔
- 18, 19 フェルール
- 20 DCマイクロモータ
- 21 偏心ピン
- 22 プッシュ
- 23 回転軸
- 24 切欠溝
- 25 給電線

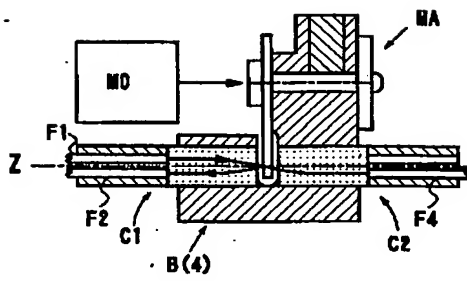
【図1】



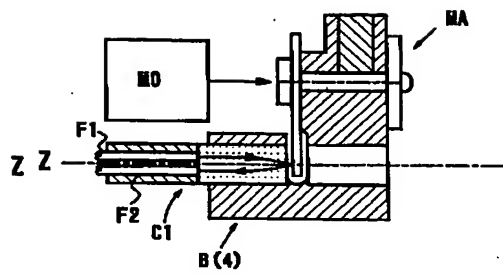
【図2】



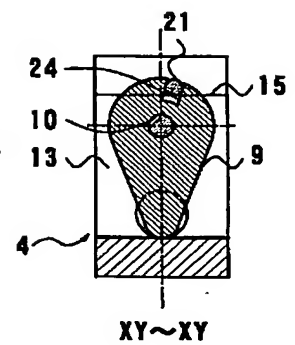
【図3】



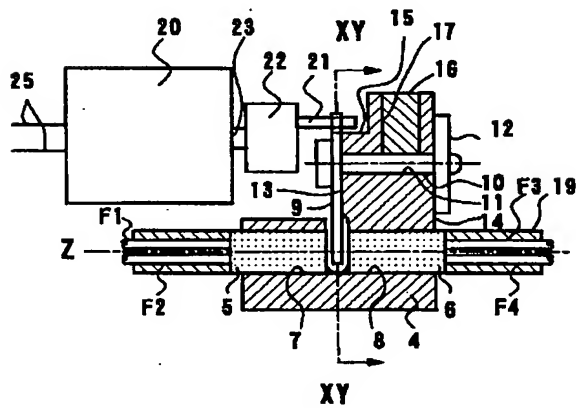
【図4】



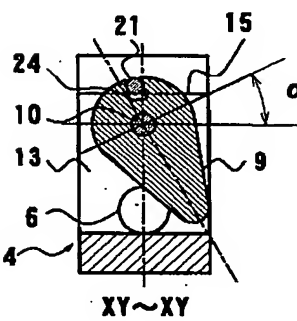
【図6】



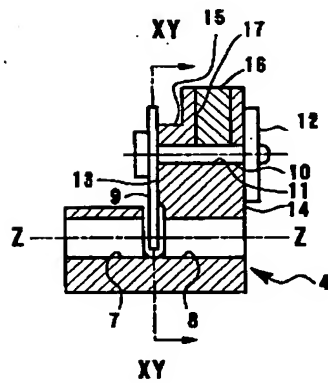
【図5】



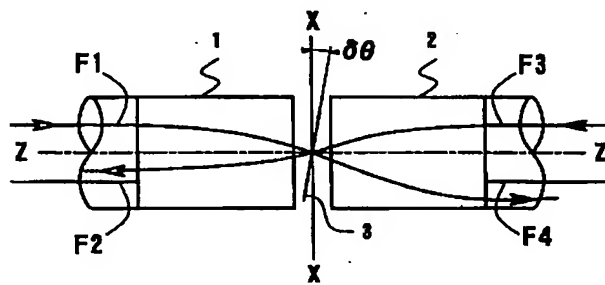
【図7】



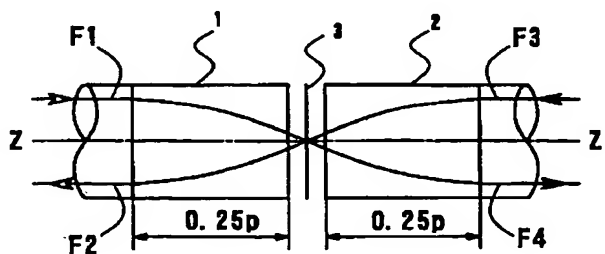
【図8】



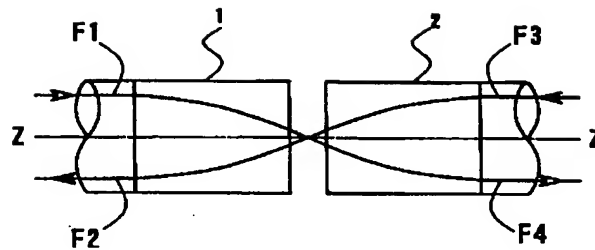
【図9】



【図10】



【図 11】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年8月23日（2000. 8. 23）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】反射ミラー形光ファイバスイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レンズの光軸対称に一对の光ファイバ  $F_1$ 、 $F_2$  を配置した第1のコリメータレンズ組立  $C_1$  と、

レンズの光軸対称に一对の光ファイバ  $F_3$ 、 $F_4$  を配置した第2のコリメータレンズ組立  $C_2$  と、  
前記第1および第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバ  $F_1$  と前記光ファイバ  $F_4$ 、前記光ファイバ  $F_2$  と前記光ファイバ  $F_3$  が光学接続するように支持する整列ブロック B と、  
前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項2】 前記第1および第2のコリメータレンズ組立はそれぞれ、一对の光ファイバと、前記光ファイバを支持するフェルールと、前記光ファイバとフェルール端に接続される略0.25ピッチのロッドレンズである請求項1記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項3】 前記駆動手段は回転軸端に前記反射ミラー組立との係合部を設けたマイクロモータを使用したこ

とを特徴とする請求項1記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項4】 反射ミラーの材質はステンレス鋼などの金属製であり、前記金属の両面に硬さMHv1800以上のTi-N被膜処理を行い、さらに金（Au）、プラチナ（Pt）などの高反射率被膜をスパッタリングまたは化学メッキなどにより付着させた反射ミラーを使用したことを特徴とする請求項1記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項5】 反射ミラーの回転軸に近接または接する永久磁石を整列ブロックに埋設して反射ミラーの回転角度端における自己保持機構を設けたことを特徴とする請求項1記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【請求項6】 レンズの光軸対称に平行に一定の間隔  $d$  を保って、一对の光ファイバ  $F_1$ 、 $F_2$  を配置した第1のコリメータレンズ組立  $C_1$  と、  
レンズの光軸に平行に前記光軸から間隔  $d/2$  を保って一本の光ファイバ  $F_4$  を配置した第2のコリメータレンズ組立  $C_2$  と、  
前記第1および第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバ  $F_1$  と前記光ファイバ  $F_4$  が光学接続するように支持する整列ブロック B と、

前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形1×2光ファイバスイッチ。

【請求項7】 レンズの光軸対称に一对の光ファイバを配置して構成したコリメータレンズ組立、前記レンズの焦点位置に反射ミラーを挿入して前記一方の光ファイバ

から他方の光ファイバへの接続を行う第 1 の位置と、焦点位置から退避する第 2 の位置に移動させる反射ミラー形光ファイバスイッチにおいて、

前記コリメータレンズ組立と前記反射ミラーを支持する整列ブロックと、

前記ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ、前記光ファイバの結像面に前記レンズの光軸に直角に出没させられる反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第 1 の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成した反射ミラー形 1×1 光ファイバスイッチ。

【請求項 8】 前記規定手段は、前記整列ブロックに装着される前記レンズの光軸に直角に形成された平面と、前記平面に摺動回転する反射ミラーまたはフランジである請求項 1 記載の反射ミラー形光ファイバスイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ通信システム等に使用される光ファイバスイッチに関する。そのうち特に、対向して配置された一対の光ファイバ付きコリメータレンズ間に反射ミラーを出没させて、光ファイバ回路の切り換え接続をするための反射ミラー形光ファイバスイッチの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 発明の名称、効率的な電気機械的光学スイッチ (USP 5, 742, 712) に示されている 2×2 光ファイバスイッチは、このような形式の反射ミラー形光ファイバスイッチに属するものである。図 4A、図 4B を参照して前記従来形式の反射ミラー形 2×2 光ファイバスイッチの構成を説明する。このスイッチはコリメータレンズ 1、2 と反射ミラー 3 を使用している。ロッドレンズ 1、2 は、日本板硝子株式会社で開発、実用化され、商品名セルフロックレンズ (SFL) として市販されているものを利用することができる。

【0003】 図 10 は、前記スイッチのコリメータレンズ間に反射ミラーを挿入した状態を、図 11 は反射ミラーを光路から外した状態を示している。このスイッチはコリメータレンズ 1、2 と反射ミラー 3 を使用して構成した反射ミラー形 2×2 光ファイバスイッチである。ロッドレンズ 1、2 は、日本板硝子株式会社で開発、実用化され、商品名セルフロックレンズ (SFL) として市販されているものを利用することができる。なお、セルフロックレンズの光学特性、技術資料および応用例については日本板硝子株式会社から公表されている。前記形式のスイッチは、光分波合波器 (WDM)、光分岐結合器 (Splitter)、各種光ファイバスイッチなどに広く使用されている。

【0004】 図 10、図 11 において、基準長さ 0.2

5 ピッチのロッドレンズ 1、2 は光軸を一致させられて、各端面間に小さな隙間をあけて対向して配置させられている。反射ミラー 3 はロッドレンズ 1、2 間の隙間に光軸に対して繰り返し出し入れ可能に直角に配置される。F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> および F<sub>4</sub> は、各々図示しないフェルールまたはスリーブに取り付けられた光ファイバであり、ロッドレンズ 1、2 の光軸から同一量だけ偏心した対称位置になるように組み立てられている。

【0005】 図 10 は、反射ミラー 3 がロッドレンズ 1、2 間に挿入された状態である。この場合、光ファイバ F<sub>1</sub> から出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ 1 を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなって反射ミラー 3 に到達する。この平行光ビームは反射ミラー 3 によって反射されて、ロッドレンズ 1 を透過して縮小されたモードフィールドの光となり、光ファイバ F<sub>2</sub> に入射させられる。

【0006】 同様に、光ファイバ F<sub>3</sub> から出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ 2 を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなって反射ミラー 3 に到達する。この平行光ビームは反射ミラー 3 によって反射されてロッドレンズ 2 を透過して縮小されたモードフィールドの光は、光ファイバ F<sub>4</sub> に入射させられる。

【0007】 次に図 11 は、反射ミラー 3 がロッドレンズ 1、2 間から除去された状態を示している。この場合、光ファイバ組立 F<sub>1</sub> の光ファイバから出射した微小なモードフィールドの光は、ロッドレンズ 1 を透過して拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなる。そしてロッドレンズ 2 に入射してこれを透過して縮小されたモードフィールドの光となり、光ファイバ組立 F<sub>4</sub> の光ファイバに入射させられる。同様に、光ファイバ F<sub>3</sub> から出射した微小なモードフィールドの光はロッドレンズ 2 を透過して、その後拡大されたモードフィールドをもつ平行光ビームとなってロッドレンズ 1 を透過して縮小されたモードフィールドの光は、光ファイバ組立 F<sub>2</sub> の光ファイバに入射させられる。したがって、光ファイバ F<sub>1</sub> の回路は反射ミラー 3 の出し入れによって、光ファイバ F<sub>2</sub> または光ファイバ F<sub>4</sub> のいずれかの回路と交互に接続できる。同様に、光ファイバ F<sub>3</sub> 回路は、反射ミラー 3 の出し入れによって光ファイバ F<sub>2</sub> または光ファイバ F<sub>4</sub> のいずれかの回路と交互に接続できる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 前述した従来の 2×2 光ファイバスイッチは簡単な構成であるが、解決すべき問題が残されている。

- (1) 挿入損失値については繰り返し再現性に問題があり、振動、衝撃などの外力の影響を受け難い。
- (2) 外部磁界の影響を受け、磁気誘導による誤動作をおこしやすい。

(3) スイッチパッケージを特定の大きさ(高さ8.5mm以下に小形化して1/2インチ形の印刷回路基板に適用できる大きさ)内に収めるのには構造状の問題がある。

【0009】前述した(1)で指摘した挿入損失値の問題は、反射ミラー3の停止位置が変動することによる。この問題をさらに図9を参照して説明する。反射ミラー3の光軸Z-Zに直交な平面に対する角度誤差 $\sigma\theta$ が生じた場合には、光ファイバ組立F<sub>1</sub>からロッドレンズ1を透過して、反射ミラー3で反射された平行光ビームの反射角度は $-2\sigma\theta$ だけ小さくなる。その結果、光ファイバ組立F<sub>2</sub>の光軸から内側によった点に出射されて、軸心ずれによる挿入損失が発生することになる。同様に光ファイバF<sub>3</sub>からロッドレンズ2を透過して、反射ミラー3で反射された平行光ビームの反射角度は $+2\sigma\theta$ だけ大きくなり、光ファイバF<sub>2</sub>の光軸から外側に偏心した点Qに出射されて挿入損失が増加する。

【0010】計算値によれば、外径2mmでピッチ0.25のロッドレンズを使用して、2本のシングルモード光ファイバをロッドレンズの光軸からそれぞれ0.0065mm偏心させ、使用波長1310nmの場合、光直角度誤差 $\sigma\theta=0.024^\circ$ における光挿入損失は、約1dB( $\approx -20\%$ )になる。ちなみに、直角度誤差 $\tan 0.024^\circ \approx 0.00042$ と極微小値であるので、反射ミラー3の繰り返し挿入時の機械的位置のばらつきの範囲が、 $0.024^\circ$ を越える光挿入損失は約1dB( $\approx -20\%$ )のばらつきが発生することになる。さらに、ロッドレンズ間に反射ミラーを挿入したときに振動、衝撃などの外力によって反射ミラーが移動すると同様な光挿入損失は、約1dB( $\approx -20\%$ )のばらつきが発生することになる。

【0011】前述したUSP5,742,712では、反射ミラーの駆動機構として、シーソー形電気リレーの可動片に取り付けた揺動アームの先端に、反射ミラーを取り付ける構成を採用している。そして前記シーソー形電気リレーへの電流の極性切り換えによって前記反射ミラー付き揺動アームの先端の反射ミラー面をロッドレンズ面に出し入れしてスイッチ切り換えを行っている。このシーソー形電気リレーの微小な磁力で保持された可動片に取り付けた揺動アームの先端に反射ミラーを取り付けた構造体は、小形軽量化に制約を受ける。また組立調整が容易ではなくはなだ困難であると推測される。

【0012】(1)項で述べた反射ミラーの正確な繰り返し位置決めの再現性は、極めて悪くなると推定される。同時に、振動、衝撃などの外力に対してもはなだしく不安定であると推察できる。

(2)項の課題については、特許例の反射ミラー形光ファイバスイッチの場合、反射ミラーの駆動源として小形の電磁ソレノイドと永久磁石による電気リレーが使用されているが、強い外部磁界の影響を受けた場合に、可動片

が動いて誤作動をする可能性が報告されている。

(3)項の課題については、電磁ソレノイドと永久磁石による電気リレーによって所用の駆動力を得るには容積の小形化に限界がある。したがって、設計的に高さを8.5mm以下のパッケージに収納することは困難になる。ちなみに前記特許例の反射ミラー形光ファイバスイッチのパッケージの高さ寸法は20mmであると記述されている。

【0013】本発明の目的は、前述した従来の反射ミラー形光ファイバスイッチの課題を解決した反射ミラー形光ファイバスイッチを提供することにある。さらに詳しくいえば、本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチの課題は、

- (1) 挿入損失値が小さく、安定した繰り返し再現性、および振動、衝撃などの外力の影響を受け難いこと。
  - (2) 外部からの磁気誘導による誤動作を受け難いこと。
  - (3) パッケージの高さは8.5mm以下であり、1/2インチ型の印刷回路基板に組付け可能なこと。
- すなわち、本発明は、以上の3条件を満足する反射ミラー形光ファイバスイッチを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に一对の光ファイバF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>を配置した第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>と、レンズの光軸対称に一对の光ファイバF<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>を配置した第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバF<sub>1</sub>と前記光ファイバF<sub>4</sub>、前記光ファイバF<sub>2</sub>と前記光ファイバF<sub>3</sub>が光学接続するように支持する整列ブロックBと、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成されている。

【0015】前記第1および第2のコリメータレンズ組立はそれぞれ、一对の光ファイバと、前記光ファイバを支持するフェルルールと、前記光ファイバとフェルルール端に接続される略0.25ピッチのロッドレンズとすることができる。前記駆動手段は回転軸端に前記反射ミラー組立との係合部を設けたマイクロモータを使用することができる。前記反射ミラーの材質はステンレス鋼などの金属製であり、前記金属の両面に硬さMHv1800以上のTi-N被膜処理を行い、さらに金(Au)、プラチナ(Pt)などの高反射率被膜をスパッタリングまた

は化学メッキなどにより付着させた反射ミラーを使用することができる。反射ミラーの回転軸に近接または接する永久磁石を整列ブロックに埋設して反射ミラーの回転角度端における自己保持機構を設けることができる。

【0016】前記目的を達成するために、本発明による1×2反射ミラー形光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に平行に一定の間隔dを保って、一对の光ファイバF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>を配置した第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>と、レンズの光軸に平行に前記光軸から間隔d/2を保って一本の光ファイバF<sub>4</sub>を配置した第2のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>と、前記第1および第2のコリメータレンズ組立を対向させて光軸を一致させ、前記光ファイバF<sub>1</sub>と前記光ファイバF<sub>4</sub>が光学接続するように支持する整列ブロックBと、前記整列ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ前記レンズの焦点面に前記レンズの光軸に直角に前記各光ファイバからの光を反射させる第1の位置と、透過させる第2の位置間を移動可能に設けられている反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成されている。

【0017】前記目的を達成するために、本発明による1×1反射ミラー形光ファイバスイッチは、レンズの光軸対称に一对の光ファイバを配置して構成したコリメータレンズ組立、前記レンズの焦点位置に反射ミラーを挿入して前記一方の光ファイバから他方の光ファイバへの接続を行う第1の位置と、焦点位置から退避する第2の位置に移動させる反射ミラー形光ファイバスイッチにおいて、前記コリメータレンズ組立と前記反射ミラーを支持する整列ブロックと、前記ブロックに前記レンズの光軸に平行に設けられた軸孔に回転可能に設けられた反射ミラー軸、前記反射ミラー軸に設けられ、前記光ファイバの結像面に前記レンズの光軸に直角に出没させられる反射ミラー、前記整列ブロックを基準にして反射ミラーの前記第1の位置の直角度を規定する規定手段とからなる反射ミラー組立と、および前記反射ミラーを駆動する駆動手段とから構成されている。前記規定手段は、前記整列ブロックに装着される前記レンズの光軸に直角に形成された平面と、前記平面に摺動回転する反射ミラーまたはフランジとすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下図面等を参照して、まず本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施の形態を説明する。なお本発明による反射ミラー形光ファイバスイッチは後述するように1×2、1×1の形態でも実施できる。図1は、本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であって、光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>とF<sub>4</sub>を接続した状態

を示している。図2は、前記実施例において光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>4</sub>、F<sub>2</sub>とF<sub>3</sub>を接続した状態を示している。光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>が第1のコリメータレンズに光軸対称に接続され、第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>を構成している。光ファイバF<sub>3</sub>とF<sub>4</sub>が第2のコリメータレンズに光軸対称に接続され、第2のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を構成している。これらのコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>は整列ブロックBに光軸を一致させて支持されている。反射ミラー組立MAは整列ブロックBに回転可能に設けられており、駆動手段（モータ）MOにより駆動される。

【0019】図3は、本発明による反射ミラー形1×1光ファイバスイッチの実施例の概略平面図であり、光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>を接続した状態を示している。図4は、前記実施例において光ファイバF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>を接続しない状態を示している。構造的には前述の実施形態のコリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を除去した状態に対応するものである。

【0020】以下、図面などを参照して、本発明による反射ミラー形光ファイバスイッチの実施態様をさらに詳しく説明する。図5は本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの実施例を一部破断して示した平面図である。図6は前記実施例のある動作状態で示した側面断面図であり、図7は前記実施例の他の動作状態で示した側面断面図である。図8は整列ブロック4に反射ミラー9を組付けた状態を示した平面断面図である。

【0021】整列ブロック4には、水平方向（光軸ZZ方向）にロッドレンズ5、6の取付孔7、8が同軸に、さらに反射ミラー9の回転軸10の挿入孔11が平行に設けられている。垂直方向（光軸ZZ直角面）に反射ミラー9およびフランジ12にそれぞれ、密着して案内する平行な整列基準面（XY平面）13、14が反射ミラー9の回転軸10の挿入孔11に直角に設けられている。整列ブロック4にはさらに、反射ミラー9の揺動回転角度規制面15が設けられている。さらに、反射ミラー9の微動防止のための永久磁石16を回転軸10に接して埋設するための孔17を設けて構成する。

【0022】第1のフェルール18には光ファイバF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>をフェールの中心軸に対して対称位置に取付けてある。このフェルール18の端面をロッドレンズ5の一端面に中心合わせをして光学接着剤で接着して、第1のコリメータレンズ組立C<sub>1</sub>を製作する。同様に第2のフェルール19には、光ファイバF<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>をフェールの中心軸に対して対称位置に取付けてある。このフェルール19の端面をロッドレンズ6の一端面に中心合わせをして光学接着剤で接着して、コリメータレンズ組立C<sub>2</sub>を製作する。

【0023】反射ミラー9とフランジ12は、回転軸10にレーザスポット溶接または金属ハンダによって固定する。モータ20は外径7mmのDCマイクロモータで

反射ミラー形光ファイバスイッチの反射ミラー9を整列ブロック4にあらかじめ組付けた組立構造図である。前述のように、反射ミラー形光ファイバスイッチの挿入光損失は、特にロッドレンズ5、6面間に反射ミラー9を挿入したときのロッドレンズ光軸ZZに対する反射ミラー9面の直角精度に大きく依存する。この問題の解決が本発明の重要な目的である。この解決のために本発明の反射ミラー形光ファイバスイッチは、反射ミラー9を光軸ZZに直角に揺動回転させる保持機構として、図2に示すように、整列ブロック4に光軸直角(XY)に平行な2面の整列基準面13、14を設けてある。

【0025】整列ブロック4は、精密機械加工により製作するので、取付孔7、8に対する整列基準面13、14の直角精度誤差および平行精度誤差は各5mm長につき0.001mm以内に規制できる。この値を角度に換算すれば、 $\tan 0.011^\circ$ であり、この場合の挿入光損失の計算値は前述したものと同じ条件で、約0.053dB以下になり、その他の累積誤差を含めても最大挿入光損失1.0dBのシングルモード光ファイバ用反射ミラー形光ファイバスイッチの製作が可能になった。

【0026】ロッドレンズ5、6端面間に反射ミラー9を挿入したときのロッドレンズ5、6の光軸ZZに対する反射ミラー9面の直角精度の繰り返し再現性を厳密に確保する必要があるために、反射ミラー組立は整列ブロック4に次の手順で取付けて組み立てる。

1) 回転軸10を反射ミラー9の挿入孔に通して整列基準面13側から整列ブロックに設けた孔11に挿入してある。それから、反射ミラー9の一端がロッドレンズ取付孔7、8の位置にくるように位置を決めて、反射ミラー9を整列基準面13に密着するように押しつけながら、反射ミラー9をレーザスポット溶接または金属ハンダによって回転軸10と一体化させる。

2) 次に、反射ミラー9を整列基準面13に密着させた状態で、フランジ12を回転軸10に挿入し、フランジ12を反対側の整列基準面14に密着するように押しつけながら、レーザスポット溶接または金属ハンダによって回転軸10と一体化させる。以上の手順であらかじめ反射ミラー組立と整列ブロック4を一体に組立てた後に、コリメータレンズ組立C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>をそれぞれ取付孔

ら、全体の組立の高さを8.5mm以下に小形化できる。したがって、この実施例によるスイッチは、1/2インチ形の印刷回路基板に組付け用の反射ミラー形光ファイバスイッチとして利用できる。

【0028】次に前記実施例のミラー組立の制動機構に付いて説明する。ミラー組立はDCマイクロモータ20の整流子とブラシ間の摩擦力による制動力を受けるが、この実施例ではさらにミラー組立の回転軸10に直角に永久磁石16を設け、これにより、反射ミラー9の回転軸10に吸引力を作用させる。特に前記モータ20に通電して、一定角度動作させた後に前記軸に作用して、不要なバウンド等の発生を防止している。すなわち永久磁石の引力によって、常時通電を要しないラッチング形

(自己保持形)反射ミラー形光ファイバスイッチを実現している。なお、図示を省略したが、この制動機構は永久磁石を反射ミラー9の回転軸10の周囲に軸平行に埋設して、磁性材料製のフランジ12を使用することによって、フランジを吸引し制動力を与えることによって同じ効果が得られる。

【0029】以上のように組立構成した本発明による反射ミラー形2×2光ファイバスイッチの1実施例の作動状態を次に説明する。図6は、マイクロモータ20を右方向に $\alpha^\circ$ 回転して偏心ピン21が、揺動回転角度規制面15に接触し静止して、反射ミラー9が各ロッドレンズ5、6面間に挿入された状態を示す。この場合、光ファイバF<sub>1</sub>およびF<sub>3</sub>からの出射光は反射ミラー9によって反射して各々光ファイバF<sub>2</sub>およびF<sub>4</sub>に入射できる。

【0030】図7は、マイクロモータ20を左方向に $\alpha^\circ$ 逆回転して偏心ピン21が揺動回転角度規制面15に接触静止して、反射ミラー9が各ロッドレンズ5、6面間から除去された状態を示す。この場合、光ファイバF<sub>1</sub>およびF<sub>3</sub>からの出射光は、反射ミラー9がロッドレンズ5、6面間から除去されているので各々光ファイバF<sub>2</sub>およびF<sub>4</sub>に透過入射する。したがって、反射ミラー9をロッドレンズ5、6間に挿入または除去することによって、光ファイバF<sub>1</sub>回路を光ファイバF<sub>2</sub>またはF<sub>3</sub>回路に交互に切り換える光スイッチ動作ができる。同様に、光ファイバF<sub>3</sub>回路を光ファイバF<sub>2</sub>またはF<sub>4</sub>

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**